

**В. С. Ивановский, О. Н. Полухина, О. В. Селиванова\*, А. Ю. Жилияков**

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

\*sov23@mail.ru

## **КИНЕТИКА ОБРАЗОВАНИЯ АУСТЕНИТА В СТАЛИ 08Г2Б С РАЗЛИЧНОЙ ИСХОДНОЙ СТРУКТУРОЙ**

В работе исследованы образцы низкоуглеродистой трубной стали 08Г2Б после контролируемой прокатки, нормализации и закалки.

Проведен анализ кинетики образования аустенита в условиях непрерывного нагрева со скоростью 90 °С/с и в ходе изотермической выдержки в межкритическом интервале температур. Определены критические точки  $A_{C1}$  и  $A_{C3}$ , найдена энергия активации образования аустенита.

*Ключевые слова:* трубные стали, контролируемая прокатка, закалка, нормализация, энергия активации.

**V. S. Ivanovsky, O. N. Polukhina, O. V. Selivanova, A. Y. Zhilyakov**

## **THE KINETICS OF AUSTENITE FORMATION IN THE STEEL 08Г2Б WITH DIFFERENT INITIAL STRUCTURE**

Samples of low-carbon pipe steel 08G2B after control rolling, normalization and quenching were investigated.

The kinetics of the austenite formation under conditions of continuous heating with rate 90 °C/c and during isothermal soaking in the inter-critical temperature range were analyzed. The critical points  $A_{C1}$  and  $A_{C3}$ , the activation energy of the austenite formation have been determined.

*Key words:* pipe steels, controlled rolling, quenching, normalization, activation energy.

**О**бразование аустенита в сталях является важным процессом, потому что стали часто обрабатывают в аустенитной области при некоторых технологических циклах. Состояние аустенита определяет конечную микроструктуру и механические свойства стали. В этом смысле механические свойства в значительной степени зависят от кинетики образования аустенита, на которую влияют скорость нагрева и исходная микроструктура стали [1].

С помощью дилатометрического метода найдены критические точки в стали 08Г2Б с различной исходной структурой при нагреве со скоростью 90 °С/с. Обнаружено, что исходное состояние не оказывает существенно-го влияния на положение критических точек. У образцов после контролируемой прокатки, закалки и нормализации температура  $A_{c1}$  составляет 770, 755 и 765 °С, температура  $A_{c3}$  – 920, 915 и 925 °С соответственно.

Анализ кинетики образования аустенита показал, что образование аустенита для всех исходных обработок включает две стадии: стадию ускоренного образования аустенитного зерна (показатель в уравнении Джонсона–Мела  $n_1 \approx 0,80 \dots 0,85$ ), стадию замедленного образования аустенита ( $n_2 \approx 0,5$ ) [2]. Переход от первой стадии ко второй происходит при температуре ( $A_n$ ) 840 °С (рис. 1). Превращение  $\alpha \rightarrow \gamma$  при изотермической выдержке 830 °С в образце стали, который подвергся контролируемой прокатке (КП), имеет стадии ускоренного (УО) ( $n_1 = 2$ ) и замедленного образования аустенита ( $n_2 = 0,3$ ). Образование аустенита у образца после контролируемой прокатки при изотермической выдержке 800 °С ( $n_1 = 0,4$ ) и после закалки при изотермической выдержке 800 и 830 °С протекает в одну стадию ( $n_1 = 1,5$ ).

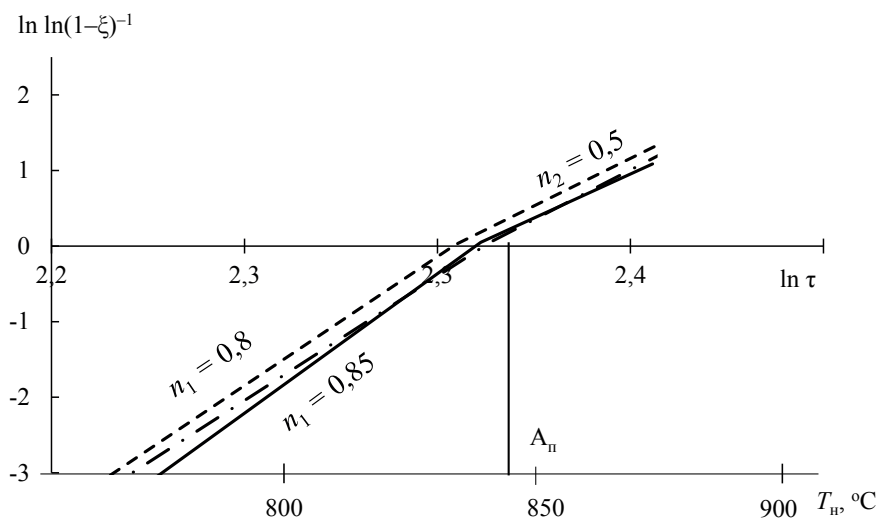


Рис. 1. Кинетические кривые образования аустенита при непрерывном нагреве со скоростью 90 °С/с в спрямляющих координатах:

— — КП + УО; - - - - закалка; . - . - нормализация

Энергия активации образования аустенита в образцах после контролируемой прокатки, нормализации и закалки составила 89,6; 91,3 и 82,9 кДж/моль соответственно.

Терморентгенографический анализ показал, что при скорости нагрева  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$  температура  $A_{c1}$  составляет  $680, 740$  и  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температура  $A_{c3}$  —  $900, 905$  и  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  для КП, закалки и нормализации соответственно. Исходное состояние образцов влияет на содержание углерода в первых порциях аустенита. Для исходной обработки, закалки и нормализации содержание углерода в аустените составляет  $0,67, 0,25$  и  $0,45\%$  соответственно (рис. 2). С увеличением температуры нагрева количество углерода в аустените во всех образцах плавно уменьшается до  $(0,1 \pm 0,2)\text{ мас. \%}$ .

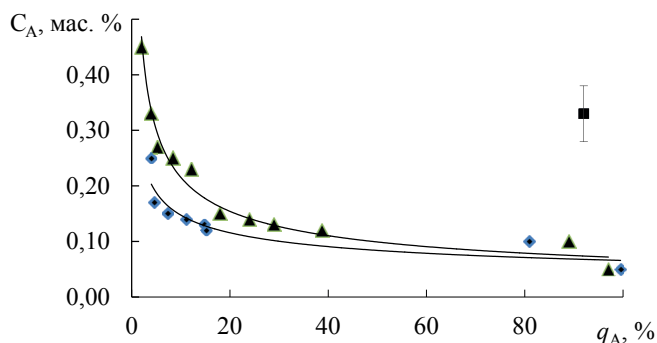


Рис. 2. Зависимость содержания углерода в аустените от его количества:

▲ — нормализация; ◆ — закалка

Охлаждение со скоростью  $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$  после изотермической выдержки в МКИ вызывает формирование феррита и сдвиговых продуктов распада. Увеличение температуры изотермической выдержки от  $800$  до  $830\text{ }^{\circ}\text{C}$  приводит к уменьшению в структуре количества феррита и увеличению сдвиговых продуктов распада аустенита с  $30$  до  $70\%$  для исходного образца, для закаленного — с  $45$  до  $55\%$ . Увеличение температуры выдержки от  $800$  до  $830\text{ }^{\circ}\text{C}$  в МКИ приводит к увеличению микротвердости. При температуре выдержки  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  для контролируемой прокатки и закалки микротвердость составила  $(2770 \pm 20)$  и  $(2850 \pm 20)$  МПа соответственно. При температуре выдержки  $830\text{ }^{\circ}\text{C}$  для КП и закалки микротвердость составила  $(2610 \pm 20)$  и  $(2775 \pm 20)$  МПа соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Oliveira F. L. G., Andrade M. S., Cota A. B. Kinetics of austenite formation during continuous heating in a low carbon steel//Materials Characterization. 2007. V. 58. P. 256–261.
- 2 Кристиан Дж. Теория превращений в металлах и сплавах. В 2 ч. Ч. I. Термодинамика и общая кинетическая теория. М.: Мир, 1978. 803 с.